

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-269114

(43)Date of publication of application : 29.09.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 7/20

(21)Application number : 11-069954

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 16.03.1999

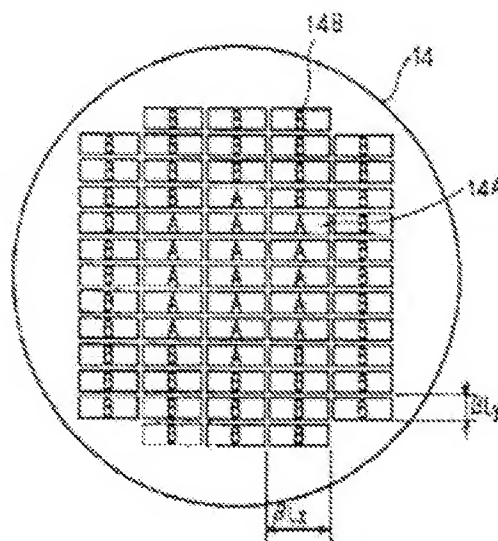
(72)Inventor : KUDO YUJI

(54) ILLUMINATING DEVICE, ALIGNER AND EXPOSURE METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To independently change the shape of a pupil of illuminating light with respect to each image height on a wafer by correcting a illuminating distribution on a mask or the wafer to a required distribution.

SOLUTION: A filter 14 is provided at a conjugate position with an emitting surface, which is on the incident surface side of a rod integrator, of which the illumination has a plurality of secondary light source. When an aperture diaphragm is small, illumination passing through a pattern 14A becomes dominant, and a distribution where a central part results being lower than the peripheral part by reflecting a permeability of the pattern 14A is made. When the aperture diaphragm is gradually made large, the influence from a permeability of a pattern 14B gradually becomes large, by the illumination passing through the pattern 14B being increased. An illuminating distribution on a wafer W can accordingly be changed, corresponding to a form of the illuminating aperture diaphragm by providing proper arrangement of the filter 14.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-269114  
(P2000-269114A)

(43)公開日 平成12年9月29日(2000.9.29)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 5 D 5 F 0 4 6
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1
		H 0 1 L 21/30	5 1 4 C
			5 2 7

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平11-69954

(22)出願日 平成11年3月16日(1999.3.16)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 工藤 祐司

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内

(74)代理人 10007/919

弁理士 井上 義雄

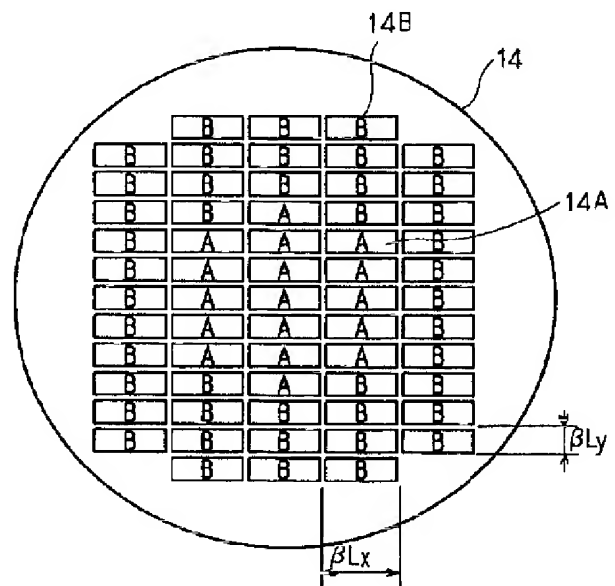
Fターム(参考) 5F046 BA04 CA04 CB05 CB08 CB13  
CB23 DA07

(54)【発明の名称】 照明装置、露光装置及び露光方法

(57)【要約】

【課題】 マスク若しくはウェハ上の照度分布を所望の分布に補正し、ウェハ上の各像高に対する照明光の瞳形状を独立に変更する。

【解決手段】 照明光を複数の2次光源とするロッドインテグレータの入射面側であって出射面と共役な位置にフィルタ14を配置する。照明光の開口絞りが小さい場合には、パターン14Aを通過する照明光が支配的になり、パターン14Aの透過率を反映して周辺部よりも中心部が低い傾向を示す分布となる。また、照明光の開口絞りを次第に大きくしていった場合には、パターン14Bを通過する照明光が増加してパターン14Bの透過率分布が影響が次第に大きくなる。フィルタ14において適当なパターン配置をとることにより、照明光の開口絞りの形状に応じてウェハW上の照度分布を適宜変化させることが可能である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源からの光に基づき多数の光源像を形成するロッド型オプティカルインテグレータと、前記ロッド型オプティカルインテグレータにより形成される前記多数の光源像からの光をそれぞれ集光して、被照射面を照明するリレー光学系と、前記ロッド型オプティカルインテグレータの光源側に配置されて前記多数の光源像での光の強度分布をそれぞれ独立に制御する照明制御手段とを有することを特徴とする照明装置。

【請求項2】 前記照明制御手段を介した光を前記ロッド型オプティカルインテグレータへ導く集光光学系を前記照明制御手段と前記ロッド型オプティカルインテグレータとの間に配置し、前記照明制御手段は、前記多数の光源像からの光の透過率分布をそれぞれ独立に制御する光学フィルタを含み、前記光学フィルタは、前記集光光学系、前記ロッド型オプティカルインテグレータおよびリレー光学系に関して、前記被照射面と実質的に光学的に共役な位置に設けられていることを特徴とする請求項1に記載の照明装置。

【請求項3】 光源からの光に基づき多数の光源像を形成するロッド型オプティカルインテグレータと、前記ロッド型オプティカルインテグレータにより形成される前記多数の光源像からの光をそれぞれ集光して、マスクを照明するリレー光学系と、前記マスクのパターンを感光性基板上に投影する投影系と、前記ロッド型オプティカルインテグレータの光源側に配置されて前記多数の光源像での光の強度分布をそれぞれ独立に制御する照明制御手段とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項4】 光源からの光に基づき多数の光源像を形成するロッド型オプティカルインテグレータを用いて、該ロッド型オプティカルインテグレータの光源側において多数の光源像での光の強度分布をそれぞれ独立に制御する光制御工程と、該光制御工程によって光の強度分布がそれぞれ独立に制御された前記多数の光源からの光をそれぞれ集光して、マスクを照明する工程と、前記マスクのパターンを感光性基板上に露光する露光工程とを含むことを特徴とする露光方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術の分野】本発明は、光源からの光を集光して所望の照度分布を形成する照明装置並びにこれを用いた露光装置及び方法に関し、特に微細な半導体回路を感光性基板上に露光するためのマスクの照明に好適な照明装置等に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、この種の照明装置では、例えばロッド型オプティカルインテグレータで複数の2次光源を形成し、これらの2次光源からの照明光を利用して回路パターンが描かれたマスクを均一に照明することが行われる。なお、照明された回路パターンは、投影レンズを介して感光材料を塗布したウェハ上に投影露光される。

【0003】また、最近では、ウェハ上に投影されるパターンの形状に応じて、2次光源の共役位置に配置される開口絞りの形状を変化させて照明光の瞳形状を変更することにより、露光装置の投影光学系の解像力、焦点深度を向上させる技術が注目されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】以上の照明装置において、マスク上の照度分布、すなわちマスクにパターンが形成されていない場合のウェハ上の照度分布は、一般的には均一な状態が良いとされているが、光学系の汚れや偏心、反射防止コートのもうなど様々な要因に起因して結果的にウェハ上の照度分布に不均一性が認められた場合にそれを補償するよう照度分布を調整できれば、より精密な露光が可能になる。さらに、マスク上のパターンの形状や投影レンズの収差、照明光の瞳形状等によっては、ウェハ上の照度に意図的に分布を設けた方が良い結果が得られる場合もある。

【0005】また同様に、照明光の瞳形状も、一般的にはウェハ上の各像高に対して同一形状である状態が良いとされているが、場合によっては意図的に各像高に対して瞳形状が異なるように構成した方が良い結果を得られることもある。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】そこで、本発明は、マスク若しくはウェハ上の照度分布を所望の分布に補正することができ、ウェハ上の各像高に対する照明光の瞳形状（コヒーレンス・ファクタ）を独立に変更できる照明装置、及びこれを用いた露光装置及び方法を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明の照明装置は、光源からの光に基づき多数の光源像を形成するロッド型オプティカルインテグレータと、ロッド型オプティカルインテグレータにより形成される多数の光源像からの光をそれぞれ集光して、被照射面を照明するリレー光学系と、ロッド型オプティカルインテグレータの光源側に配置されて多数の光源像での光の強度分布をそれぞれ独立に制御する照明制御手段とを有する。

【0008】上記照明装置では、照明制御手段がロッド型オプティカルインテグレータの光源側に配置されて多数の光源像での光の強度分布をそれぞれ独立に制御するので、各光源像から被照射面に供給される光の状態を簡易・精密に制御することができる。よって、被照射面上

における照度分布や瞳形状等の照明状態を所望の状態に調整することができる。なお、ここで光の強度分布とは、強度の絶対量を変化させると分布状態を変化させることとの双方を含む。

【0009】また、好ましい態様では、照明制御手段を介した光をロッド型オプティカルインテグレータへ導く集光光学系を照明制御手段とロッド型オプティカルインテグレータとの間に配置し、照明制御手段が、多数の光源像からの光の透過率分布をそれぞれ独立に制御する光学フィルタを含み、光学フィルタが、集光光学系、ロッド型オプティカルインテグレータおよびリレー光学系に関して、被照射面と実質的に光学的に共役な位置に設けられている。

【0010】上記照明装置では、多数の光源像に対応する光が、照明制御手段の光学フィルタを介することによって透過率分布をそれぞれ個別に調節され、集光光学系によって簡易にロッド型オプティカルインテグレータに個別に入射するので、被照射面上における照明状態の調整が簡易である。

【0011】本発明の露光装置は、光源からの光に基づき多数の光源像を形成するロッド型オプティカルインテグレータと、ロッド型オプティカルインテグレータにより形成される多数の光源像からの光をそれぞれ集光して、マスクを照明するリレー光学系と、マスクのパターンを感光性基板上に投影する投影系と、ロッド型オプティカルインテグレータの光源側に配置されて多数の光源像での光の強度分布をそれぞれ独立に制御する照明制御手段とを有する。

【0012】上記露光装置では、照明制御手段がロッド型オプティカルインテグレータの光源側に配置されて多数の光源像での光の強度分布をそれぞれ独立に制御するので、被照射面上における照度分布や瞳形状等の照明状態を所望の状態に調整することができ、より精密で状況に即した適切な露光が可能になる。

【0013】本発明の露光方法は、光源からの光に基づき多数の光源像を形成するロッド型オプティカルインテグレータを用いて、このロッド型オプティカルインテグレータの光源側において多数の光源像での光の強度分布をそれぞれ独立に制御する光制御工程と、この光制御工程によって光の強度分布がそれぞれ独立に制御された多数の光源からの光をそれぞれ集光して、マスクを照明する工程と、マスクのパターンを感光性基板上に露光する露光工程とを含む。

【0014】上記露光方法では、光制御工程にて、ロッド型オプティカルインテグレータの光源側において多数の光源像での光の強度分布をそれぞれ独立に制御するので、被照射面上における照度分布や瞳形状等の照明状態を所望の状態に調整することができ、より精密で状況に即した露光が可能になる。

【0015】

【発明の実施の形態】〔第1実施形態〕図1は、本発明の第1実施形態に係る露光装置の概略的構成を説明する図である。

【0016】まず、マスクMを照明するための照明光学系の概要について簡単に説明する。光源11からの照明光は、ビーム整形光学系12を経てほぼ平行光となり、反射ミラー13で反射され、フィルタ14及び集光レンズ15からなる照明制御手段である照明制御装置20を経て、ロッド型オプティカルインテグレータ（以下、インテグレータ）16に導かれる。

【0017】このインテグレータ16によって形成される多数の2次光源からの光束は、可変視野絞り17で制限された後、リレー光学系18によりマスクステージMSのマスクM上に所望の倍率及び開口数（NA）にて投影される。これにより、マスクM上の照明領域が2次光源によって重畳的にほぼ均一に照明される。なお、リレー光学系18の前群18aと後群18bの間には、光路折り曲げ用の反射ミラー18cが配置されており、反射ミラー18cと後群18bの間には、形状や大きさが異なる複数の開口を有するタレット板19が配置されている。タレット板19は、可変開口手段として、照明光学系の瞳位置における開口形状を適宜調節する。

【0018】以上のような照明光学系からの照明光ILによって照明されたマスクM上の回路パターンの像は、マスクMを透過した照明光ILである露光光ELとして、投影光学系31によってウェハステージWS上に載置されたウェハW上に縮小投影され、ウェハW上に塗布されたレジストが感光してウェハW上にマスクM上の回路パターン像が転写される。

【0019】以下、図1に示す露光装置の各部の詳細について説明する。照明光学系を構成する光源11は、ウェハWに塗布したレジストが感光する波長の照明光ILをほぼ平行光束として射出する。光源11からの照明光は、ビーム整形光学系12で所定断面形状の照明光に整形され、反射ミラー13を介して照明制御装置20に入射する。この照明光は、例えばレーザパルスとすることができ、この場合の発振タイミングは、コントローラ50から送出されるトリガパルスで調節される。

【0020】照明制御装置20を構成する前段のフィルタ14は、後に詳述するが、2次光源の数に対応して設けた複数のフィルタエレメントを備えており、マスクMすなわちウェハWと共役な共役面S1の近傍に光軸に垂直に配置される。なお、後段の集光レンズ15は、インテグレータ16によって形成される2次光源の虚像面S2の位置から焦点距離だけ離れた位置に配置されており、フィルタ14から光軸にほぼ平行に出射した照明光ILは、一旦この虚像面S2に集光することになる。

【0021】なお、フィルタ14は、コントローラ50によって制御されているアクチュエータ41に駆動されて照明光の進行方向に垂直な方向に移動可能になってお

り、ウェハW上に転写すべきマスクMのパターン等の条件に応じて照明光学系の光路中から待避させることができる。

【0022】インテグレート16の入射面16aは、虚像面S2の近傍に配置されている。集光レンズ15によって集光された照明光ILは、入射面16aからインテグレート16内に入射し、インテグレート16の内面で所定回数反射されて出射面16bから射出する。インテグレート16から出射する照明光ILは、反射回数に対応する離散的な2次元光源の虚像からあたかも出射面から射出するように出射する。このため、出射面16bから出射する照明光の角度は、虚像面S2に配置される2次元光源の虚像からの照明光ILの出射角度に相当している。

【0023】タレット板19は、2次元光源の形状および大きさの少なくとも一方を調節することができ、前群18aによって多数の2次元光源像が形成される実像面S3の近傍に配置されている。このタレット板19は、石英性の透明基板からなり、図2に示すように、互いに形状と大きさの少なくとも一方が異なる複数の開口絞り19a～19fが形成されている。このうち、円形開口を持つ2つの開口絞り19a、19bは、 $\sigma$ 値等を変化させるためのもので、開口絞り19c、19dは、互いに輪帯比（輪帯開口の内径と外径の比）の異なる開口を持つ絞りであり、残りの開口絞り19e、19fは、4つの偏心した2次元光源を形成するために4つの偏心した開口を持つ絞りである。

【0024】このタレット板19は、コントローラ50によって制御されているモータ42で適宜回転駆動され、ウェハW上に転写すべきマスクMのパターンに応じて1つの開口絞りが選択されて照明光ILの光路上に配置される。

【0025】ここで、マスクMは、上記のようなリレー光学系18を挟んで、インテグレート16の出射面16bに対してほぼ共役位置に配置されており、結果的にフィルタ14に対してもほぼ共役位置に配置されている。また、ウェハWは、投影光学系31を介してマスクMの共役位置に配置されている。

【0026】ウェハステージWSには、ウェハステージWS上に設けた移動鏡60の移動を監視するレーザー干渉計等からなる位置検出装置61と、ウェハWとマスクMのアライメントを可能にするアライメント光学系62とが設けてある。ウェハステージWSを3次元的に駆動する駆動装置65は、コントローラ50によって制御されており、位置検出装置61及びアライメント光学系62の出力に基づいてウェハステージWSを所望の位置に駆動する。

【0027】また、ウェハステージWSには、照明光の照度や瞳形状を測定するための照度センサ67を設けている。この照度センサ67は、図3に示すように、ピン

ホール67aを有しウェハW上面すなわち投影光学系31の結像面の高さに配置される上板67bと、ピンホール67aから焦点距離だけ離れた位置に配置されるレンズ67cと、ピンホール67aからの光をレンズ67cを介して検出するCCD67dとを備える。ウェハステージWSを適宜移動させて、照度センサ67を投影光学系31の直下に移動させれば、マスクM上の周期パターンに応じた回折パターンがCCD67dに投影される。CCD67dの出力を解析し予め記憶したデータと比較すれば、マスクM上のパターンをある程度特定でき、マスクステージMS上のマスクMの種類も判別できる。また、マスクステージMSからマスクMを取り除き、ウェハステージWSを適宜移動させて、照度センサ67を投影光学系31の露光領域の範囲内で移動させれば、ウェハW上の各点の照度に応じた光量がCCD67dに投影される。つまり、CCD67dの出力の総和等がウェハWの像高に応じてどう変化するかを検出すれば、ウェハW上の照度分布が得られる。さらに、CCD67dには、ウェハW上の各点の瞳形状に応じた明度分布が形成される。つまり、CCD67dの出力の分布がウェハWの像高に応じてどう変化するかを検出すれば、ウェハW上の各像高における瞳形状を検出することもできる。

【0028】なお、図1の露光装置の動作、すなわちコントローラ50の動作に必要なデータや指令は、入力装置55を介して外部から入力することができる。

【0029】図4は、共役面S1の近傍に配置されるフィルタ14の構造を説明する拡大図である。このフィルタ14の表面には、長方形のフィルタパターン14A、14Bが配置されている。各フィルタパターン14A、14Bは、特有の透過率分布を有し、中央側のフィルタパターン14Aと周辺側のフィルタパターン14Bとは透過率分布の特性が異なる。図面では、理解のため、前者のフィルタパターン14Aの位置に符号Aを付し、後者のフィルタパターン14Bの位置に符号Bを付して、両フィルタパターン14A、14Bの配列を明らかにしている。各フィルタパターン14A、14Bは、インテグレート16によって形成される複数の2次元光源の各々に対応している。

【0030】図5は、図4の各フィルタパターン14A、14Bの形状及び配置と、インテグレート16によって形成される複数の2次元光源との関係を模式的に説明する図である。図5(a)は、フィルタ14から光軸に平行に出射する照明光の光路を示し、図5(b)は、フィルタ14上の一点から出射する照明光の光路を示す。

【0031】フィルタ14上に配置された光軸上のフィルタパターン140は、インテグレート16内面で反射されない2次元光源100からの光束の強度分布をコントロールする。また、フィルタパターン140の両外側に隣接する一対のフィルタパターン141a、141bは、インテグレート16内面で1回反射される2次元光源

像101a、101bからの光束の強度分布をコントロールする。さらに、フィルタパターン141a、141bの両外側に隣接する一対のフィルタパターン142a、142bは、インテグレート16内面で2回反射される2次光源像102a、102bからの光束の強度分布をコントロールする。このような構成によれば、インテグレート16によって形成された複数の2次光源それぞれの光束に対して独立に透過率をコントロールすることが可能である。

【0032】これらのフィルタパターン140、141a、141b、142a、142bは、ロッド型のインテグレート16の射出面16bと共役面S1の近傍に配置されており、しかも集光レンズ15による拡大率は、インテグレート16の射出面16bのサイズとフィルタ14の各フィルタパターン140～142bのサイズとの比に対応している。したがって、一つのフィルタパターンの形状は、図1のマスクM又はウェハW上での照明領域と対応しており、各フィルタパターン140～142bの透過率分布は、ウェハW上での照明領域の照度分布に反映されることになる。

【0033】なお、図5はフィルタパターンの形状及び配置を概念的に説明したもので、図4のような実施例に比べてフィルタパターンの配置密度が低くなっている。この場合、フィルタパターン140は中央側に配置されるという観点で図4のフィルタパターン14Aに相当し、フィルタパターン142a、142bは周辺側に配置されるという観点で図4のフィルタパターン14Bに相当するものと考えることができる。

【0034】図4の説明に戻って、フィルタパターン14A、14Bを配置する周期は、以下のような条件とする。すなわち、インテグレート16の射出面16bからこれに対する共役面S1への倍率が $\beta$ で、射出面16bと共役面S1の間にディストーションがないとして、インテグレート16のロッド断面の寸法を( $L_x, L_y$ )とすると、各フィルタパターン14A、14Bの周期を( $\beta L_x, \beta L_y$ )とする。但し、射出面16bと共役面S1の間にディストーションがある場合には、フィルタパターンの配置は必ずしも一定周期にはならない。この場合、各フィルタパターンが対応する二次光源に対応する位置にフィルタパターンを配置する必要があるため、ディストーション量に応じてパターン配置を補正する必要がある。またこのとき、フィルタパターンの形状もディストーションの影響を受けるため、パターンを配置する位置によって形状を変更する必要がある。従って、射出面16bと共役面S1の間にディストーションがないように光学系を構成したほうが、フィルタパターンの形状と配置が射出面16bと共役面S1の間の近軸倍率 $\beta$ によって決定できるため、フィルタパターンの設計の容易化という観点で好ましい。

【0035】フィルタ14には、例えばCr、Ni、A

lなどの金属薄膜の微細なドットパターンが描かれており、このドットパターンの密度を変えることによって各フィルタパターン14A、14Bの透過率分布をコントロールしている。金属薄膜自体の透過率は0%に限らず、フィルタパターン14A、14Bの透過率を高めたい場合には金属薄膜自体の透過率を高めてもよい。前者のようにドットパターンの密度で透過率分布をコントロールする場合、フィルタパターン14A、14Bがインテグレート16の射出面16bと共役面S1に精密に配置されていると、射出面16bとウェハWとは共役であるため、ドットパターンのドットそのものの形状がウェハW上に転写されてしまうおそれがある。このため、本実施形態では、フィルタパターン14A、14Bを射出面16bの共役面S1からわずかにデフォーカスさせた位置に配置することによりドットそのものの転写を防止している。ただし、射出面16bにゴミが付着した場合にゴミの像がウェハWに転写されることを防止する等の目的のために、射出面16bをウェハWの共役面から意図的にはずすように構成する場合もあり、その場合には、フィルタパターン14A、14Bがインテグレート16の射出面16bと正確に共役になるように配置しても差し支えない。換言すれば、フィルタパターン14A、14BがウェハWに対して完全に共役な面でなく、その近傍に置かれるように配置すればよい。一方、ドットパターンではなく例えば金属薄膜や誘電体膜の膜厚によってフィルタパターン14A、14Bの透過率をコントロールする場合には、フィルタパターン14A、14BをウェハWと共役な位置に配置しても問題ない。フィルタパターン14A、14Bに形成するドットパターンのサイズは、大きすぎるとウェハW上にドットパターンが転写されるおそれがある一方、小さすぎるとドットパターンによる回折角が大きくなるため効率が低下してしまうという問題がある。以上のような事情から、ドットパターンの大きさは、 $1\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ の範囲が妥当である。

【0036】図6は、図4に示すフィルタパターン14A、14Bの透過率分布の一例を示す。図6(a)は、フィルタパターン14Aの透過率分布を示し、図6(b)は、フィルタパターン14Bの透過率分布を示す。フィルタ14の中央側に配置されているフィルタパターン14Aには、中央の透過率が周辺部より高くなるようなドットパターン等を形成し(図6(a)参照)、フィルタ14の周辺側に配置されているフィルタパターン14Bには、中央の透過率が周辺部より低くなるようなドットパターン等を形成している(図6(b)参照)。

【0037】図4及び図6に示すようなパターン配置を採用した場合、照明光ILの開口絞りの径が小さい場合(図1のタレット板19において例えば開口絞り19aが光路上にある場合)には、フィルタパターン14Aを

通過する照明光が支配的になり、ウェハW上での照度は、フィルタパターンAの透過率を反映してウェハW周辺部よりもウェハW中心部が低い傾向を示す分布となる。また、照明光ILの開口絞り径を次第に大きくしていった場合（図1のタレット板19において例えば開口絞り19bが光路上にある場合）には、フィルタパターン14Bを通過する照明光が増加してフィルタパターン14Bの透過率分布の影響が次第に大きくなる。つまり、タレット板19の光路位置に配置する開口絞りの径が大きくなるにつれてウェハW上の照度は周辺部が中心部よりも高い傾向となり、逆に、この開口絞りの径が小さくなるにつれてウェハW上の照度は中心部が周辺部よりも高い傾向となる。このことは、フィルタ14において上記のごときパターン配置をとることにより、照明光の開口絞りの径に応じてウェハW上の照度分布を適宜変化させ得ること意味する。

【0038】これを逆に利用すれば、照明光学系等の透過率ムラなどの何らかの原因によって結果的に開口絞りの形状によってウェハW上の照度分布が異なってしまう場合であっても、このような照度分布を相殺して開口絞りの形状に依存しない照度分布を達成することができ、つまり、開口絞りの変更によってウェハW上の照度分布に生じる変化を補償する適切なフィルタパターンをフィルタ14上に配置することにより、開口絞りの形状によってウェハW上の照度分布が異なってしまう現象を打ち消すことが可能となる。このように、開口絞りの形状を変化させた時の照度分布を積極的にコントロールすることで、開口絞りの形状を変化させても照度分布が変化しない照明光学系等を構成することができ、微細パターンの転写精度を向上させることができる。

【0039】上記のように照度分布を積極的にコントロールする場合、単一のフィルタ14をマスクMのパターン等の条件に応じて照明光学系の光路中に進退させるだけでなく、フィルタパターンが異なる複数種のフィルタを準備しておき、これらのフィルタをウェハW上の照度分布の変化やマスクMのパターンの種類等に応じて適宜交換する。この際、照度センサ67を利用して検出したマスクMの種類や、ウェハW上での照度分布及び瞳形状の分布を、フィルタ交換の判断基準とすることができる。

【0040】以上の第1実施形態では、タレット板19の回転によって開口絞り19a~19fを切り換えているため、開口絞りの数を増やしても、照明光ILの開口絞りの直径が不連続に変化することになる。タレット板19に代えて開口の径を連続的に変化させる絞りを使用することにより、照明光ILの開口絞りの直径を連続的に変化させることができるようになる。

【0041】〔第2実施形態〕第2実施形態の露光装置は、第1実施形態の変形例である。露光装置全体としての構造は、図1に示すものと同一である。

【0042】第2実施形態の場合、ウェハW上での各像高における照明光の瞳形状を各像高に対して独立に制御する。なお、ここで像高とは、光軸からの距離という狭い意味ではなく、ウェハW面上での2次元的な座標を意味する。

【0043】第2実施形態の装置でも、図5に示すと同様のフィルタ14を使用する。ただし、中央のフィルタパターン140として、図6(a)に示すような中央の透過率が周辺部より高くなるようなパターンを適用し、周辺のフィルタパターン142a、142bとして、図6(b)に示すような中央の透過率が周辺部より低くなるようなパターンを適用し、中間のフィルタパターン141a、141bには透過率が一樣なパターンを適用するものとする。この場合、フィルタパターン140、141a、141b、142a、142bは、それぞれ2次光源100、101a、101b、102a、102bからの光束の強度分布をコントロールする。

【0044】図7は、ウェハW上での照度分布を示す。ウェハW上では、フィルタパターン140、141a、141b、142a、142bに応じた照度分布が重ね合わされることになる。このとき、ウェハW上の中心位置Cでは、2次光源100からの光が2次光源102a、102bからの光よりも強く観測されるのに対して、ウェハWの中心から離れた位置P1やP2では、逆に2次光源100からの光が2次光源102a、102bからの光よりも弱く観測される。ただし、各2次光源100、101a、101b、102a、102bからウェハW上に供給される照明光を加算した照度分布はほぼ均一となる。

【0045】一方、ウェハW上の中心Cからみた場合、図8(a)に示すように、光軸に平行な瞳座標上の中心部の2次光源像の強度が、光軸に対して大きな角度を成す瞳座標上の周辺部の2次光源像の強度よりも強くなる。そして、ウェハW上の周辺P1、P2からみた場合、図8(b)に示すように、光軸に対して大きな角度を成す周辺部の2次光源像の強度が光軸に平行な中心部の2次光源像の強度よりも強くなる。このような現象を利用すれば、フィルタ14に適切なフィルタパターンを配置することにより、ウェハW上の任意の点において任意の2次光源分布を形成するような積極的な瞳形状のコントロールが可能となる。つまり、ウェハW面上の任意の像高における2次光源の形状（コヒーレンス・ファクタ）を各像高に対して独立にコントロールすることが可能となり、微細パターンの転写精度を向上させることができる。

【0046】〔第3実施形態〕第3実施形態の露光装置は、第1実施形態の変形例である。露光装置全体としての構造は、図1に示すものと同一である。

【0047】上記第1実施形態の図6に示す実施例では、フィルタパターンが回転対称な場合を示したが、本



発明はこれに限るものではなく、回転非対称な分布のフィルタパターンを用いることもできる。このようなフィルタパターンを用いた場合、ウェハW上の2次元的な任意の点で任意の照度分布を形成することが可能である。

【0048】図8は、第3実施形態の場合のフィルタ314のフィルタパターン314F、314Rの配置方法を説明する図である。ロッド型のインテグレート16では、隣り合う2次光源からの光束が反転するため、第3実施形態のようにフィルタ314のフィルタパターン314F、314Rが回転非対称である場合は、図示のように隣り合うフィルタパターンが互いに鏡像になるように配置すると良い。なお、フィルタ314F、314Rの位置に記載されている文字F、Rは、フィルタ314の中央側と外側とで2種類の透過率分布が有ることを意味し、文字F、Rの回転位置は非対称性の方向を意味する。

【0049】以上、実施形態に即して本発明を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。例えば、上記実施形態では、ロッド型オプティカルインテグレートとして、断面が四角形のロッドからなるインテグレート16を用いているが、断面形状はこれに限るものではなく、六角形など他の断面形状を有するインテグレートを用いることができる。この場合、フィルタ14等に形成する各々のフィルタパターンは、ロッド型オプティカルインテグレートの断面形状と相似形に近いことが照明光の効率的利用の観点から好ましい。

【0050】

【発明の効果】上記照明装置では、照明制御手段がロッド型オプティカルインテグレートの光源側に配置されて多数の光源像での光の強度分布をそれぞれ独立に制御するので、各光源像から被照射面に供給される光の状態を簡易・精密に制御することができる。よって、被照射面上における照度分布や瞳形状等の照明状態を所望の状態に調整することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態の露光装置の構造を説明する概略図である。

【図2】照明光学系の開口絞りを交換するためのタレット板を説明する図である。

【図3】照度分布を検出するための装置を説明する断面

構造図である。

【図4】照明制御手段を構成するフィルタの構造を説明する図である。

【図5】フィルタパターンと2次光源との関係を模式的に説明する図である。

【図6】(a)、(b)は、フィルタに設けた2種のフィルタパターンを説明する図である。

【図7】第2実施形態の場合のウェハ上での照度分布を示すグラフである。

【図8】図7の照明光の瞳形状を説明するグラフである。

【図9】第3実施形態のフィルタのパターン配置方法を説明する図である。

【符号の説明】

3 照明制御手段

11 光源

14, 314 フィルタ

14A, 14B フィルタパターン

15 集光レンズ

16 インテグレート

16a 入射面

16b 出射面

19 タレット板

19a~19f 開口絞り

31 投影光学系

41 アクチュエータ

42 モータ

50 コントローラ

55 入力装置

65 駆動装置

67 照度センサ

100, 101a, 101b, 102a, 102b 2次光源

140, 141a, 141b, 142a, 142b フィルタパターン

M マスク

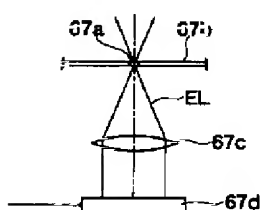
S1 共役面

S2 虚像面

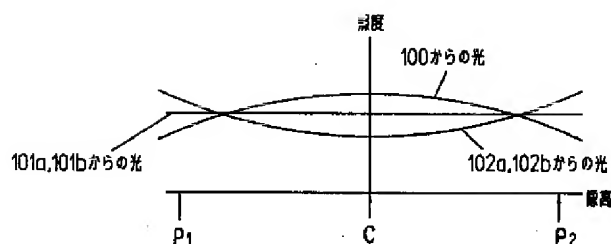
S3 実像面

W ウェハ

【図3】

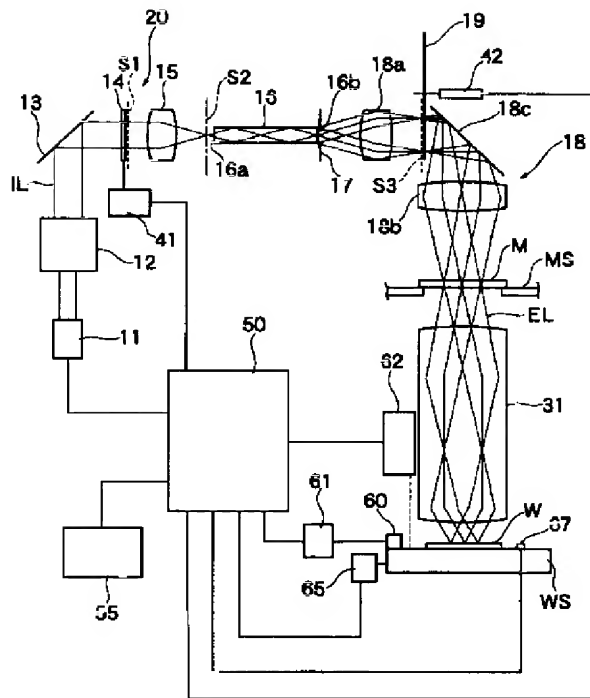


【図7】

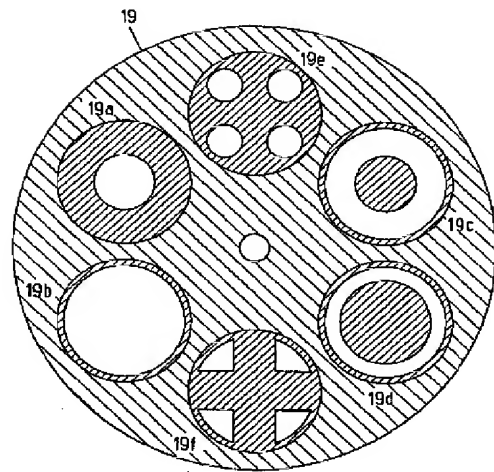




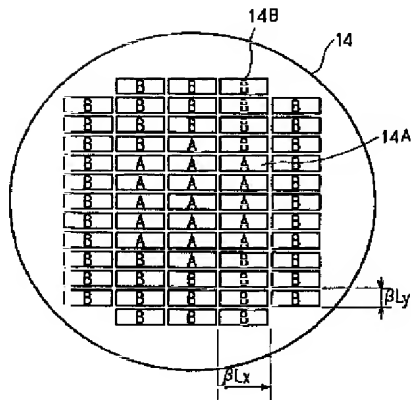
【図1】



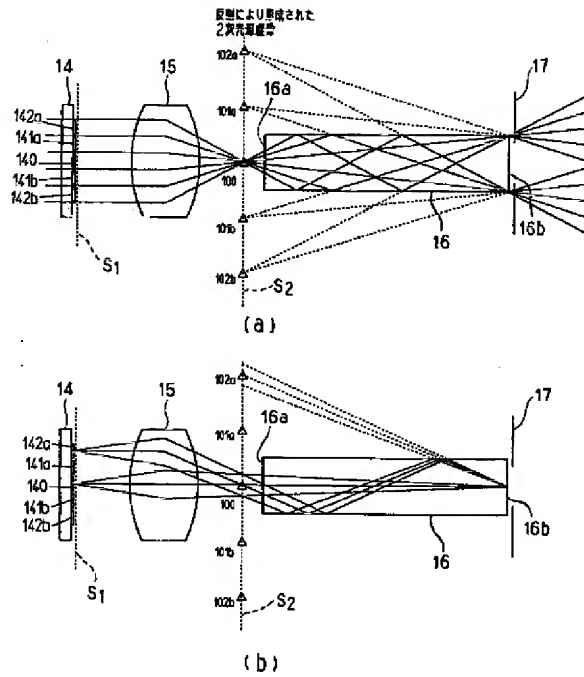
【図2】



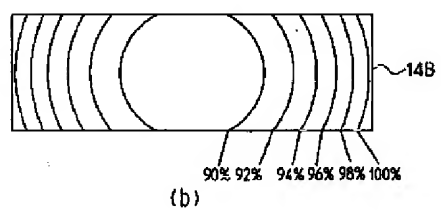
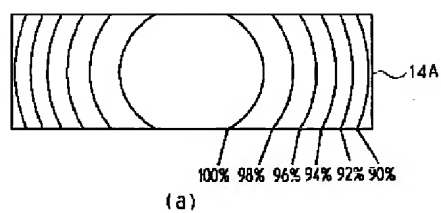
【図4】



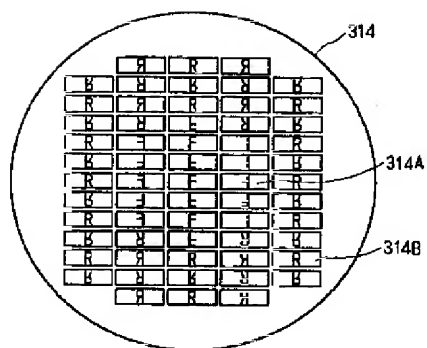
【図5】



【図6】



【図9】



【図8】

